PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

G01R 31/08

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 96/32652

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

17. Oktober 1996 (17.10.96)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE96/00628

(22) Internationales Anmeldedatum:

3. April 1996 (03.04.96)

(30) Prioritätsdaten:

195 14 698.0

13. April 1995 (13.04.95)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JURISCH, Andreas [DE/DE]; Kulbeweg 23, D-13587 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

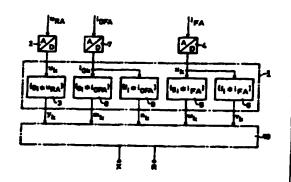
Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: DISTANCE MEASUREMENT PROCESS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM DURCHFÜHREN EINER DISTANZMESSUNG

(57) Abstract

A distance protection measurement process is disclosed for multiple-phase electric energy transmission lines. Voltage and current in the faulty phase conductor are sensed, digitised and evaluated in linear phase response, non-recursive digital filters (FIR filters) of a filter unit. The weighting factors of the FIR filters are freely predetermined and errors are corrected by means of a correction factor. The distance between the faulty area and impedance measurement values that indicate the measurement site are derived in a computer from the output values of the filter unit. In order to measure distances with accuracy even in the case of monopolar short-circuits to ground, a total current (IOFA) that corresponds to the sum of the currents in the phase conductors of the energy transmission line is sensed, digitised and evaluated in additional FIR filters (8, 9) of the filter unit (1), forming output values (mk, nk). The computer (10) calculates four auxiliary values with which it calculates, together with the



output values $(y_k, m_k, n_k, w_k, v_k)$ of the filter unit (1), a length factor (m) and a resistance (R_l) that is proportional to the resistance of the faulty area. By multiplying the length factor (m) by the kilometric resistance (R_l) of the associated system and by adding the resistance value (R_l) and multiplying the kilometric reactance (L_l) of the associated system by the length factor (m), the measurement impedance (R_l) that characterises the distance from the faulty area is calculated.

BNSDOCID: <WO___9632652A1_I_>

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Durchführen einer Distanzschutzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieflbertragungsleitung, bei dem Spannung und Strom des fehlerbehafteten Phasenleiters erfaßt, digitalisiert und in linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfiltern (FIR-Filtern) einer Filtereinheit bewertet werden. Die Gewichtsfaktoren der FIR-Filter werden frei vorgegeben, und es wird eine Fehlerkorrektur mittels eines Korrekturfaktors durchgeführt. Aus den Ausgangsgrößen der Filtereinheit werden in einer Recheneinheit die jeweilige Distanz der Fehlerstelle von einem Meßort angebende Impedanzmeßgrößen ermittelt. Um bei einpoligen Erdkurzschlüssen eine genaue Distanzmessung vornehmen zu können, wird ein der Summe der Ströme in den Phasenleitern der Energieübertragungsleitung entsprechender Summenstrom (Iopa) erfaßt, digitalisiert und in zusätzlichen FIR-Filtern (8, 9) der Filtereinheit (1) unter Bildung jeweils einer Ausgangsgröße (mk, nk) bewertet. In der Recheneinheit (10) werden vier Hilfsgrößen gebildet, mit denen und den Ausgangsgrößen (yk, mk, nk, vk) der Filtereinheit (1) ein Längenfaktor (m) und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstand (Rt) errechnet werden. Durch Multiplikation des Längenfaktors (m) mit der kilometrischen Resistanz (R'1) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m) wird die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Meßimpedanz (R, X) gebildet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenica	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Osterreich	GE	Georgies	NE	Niger
	Apstralien	GN	Guinea	NL	Niederlande
AU		GR	Grischenland	NO	Norwegen
33	Berbedos	HTU	Ungara	NZ	Nessecland
36	Belgion Postino Proc	IR	Irland	PL	Polen
BF	Burkina Faso	IT	Italian	PT	Portugal
DG	Bulgarien	IP		RO	Rominien
Ŋ	Benin	KR.	Japan	RU	Russische Föderation
	Brasilien		Kenya	SD SD	Sudan
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SG	
CT	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea		Singapur Slowesien
CC	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	
CH	Schweiz	Ц	Liechteustein	SK	Slowakei
a	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ .	Swaniland
CN	China	LK	Litauen	TD	Technol
CS	Tachechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tachechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadachikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	π	Trinidad und Tobego
DK	Dinemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagasker	UG	Uganda
ES	Spenien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
_	Finalend	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
PI.	Pronkreich	MIR	Magretanica	VN	Vietnam
FR	•	MW	Malawi		
GA	Gabon	145 44			

Beschreibung

Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung

Wird ein Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung auf digitalem Wege unter Einsatz eines Rechners durchgeführt, dann ergeben sich Meßfehler, die algorithmenspezifisch sind. Darüber hinaus ergeben sich weitere Meßfehler aufgrund der Annahme, daß die gemessene und durch die folgende Gleichung (1)

$$X = \operatorname{Im} \left\{ \frac{\underline{U}_{Schl}}{I_{Schl}} \right\} \tag{1}$$

beschreibbare Schleifenreaktanz X als Imaginārteil des Quotienten aus der Schleifenspannung <u>U</u>_{Schl} und dem Schleifenstrom

I_{Schl} der Fehlerentfernung direkt proportional ist. Diese Annahme gilt nämlich nur dann, wenn die Energieübertragungsleitung am anderen Ende offen ist. Durch die in der Regel gegebene Belastung der Leitung zum Zeitpunkt des Fehlereintritts und die Speisung des Fehlerstromes vom anderen Ende der Energieübertragungsleitung her entstehen zusätzliche Meßfehler, die besonders in Hochspannungsnetzen die Größenordnung von 50% und mehr erreichen können. Figur 1 veranschaulicht diese Meßfehler im Prinzip anhand eines Ersatzschaltbildes für eine einfache von zwei Seiten aus gespeiste Energieübertragungsleitung.

Wie der Fig. 1 in einzelnen zu entnehmen ist, wird im angenommenen Fall eine elektrische Energieübertragungsleitung mit zwei Leitern L_1 und L_2 von zwei Speisestellen Ua und Ub gespeist. Es fließt ein Laststrom \underline{I}_L . Die einzelnen Impedanzen des dargestellten Systems sind durch eine Ersatzimpedanz \underline{Z}_{1A} für den Bereich von der Speisestelle Ua bis zu einem speisestellennahen Meßort A für eine Distanzmessung, eine weitere

Ersatzimpedanz m Z_{1L} für den Teil der Energieübertragungsleitung vom Meßort A bis zu einem angenommenen Fehlerort F, eine weitere Ersatzimpedanz $(1-m)Z_{1L}$ für den Rest der Energieübertragungsleitung und eine zusätzliche Ersatzimpedanz Z_{1B} der anderen Speisestelle Ub veranschaulicht; die Ersatzimpedanz der Fehlerstelle F selbst ist mit $3.R_{\rm f}$ bezeichnet und der Strom über die Fehlerstelle mit $L_{\rm F}$.

Die am Meßort A bei einem Kurzschluß an der Fehlerstelle F gemessene Spannung \underline{U}_{RA} setzt sich aus mehreren Teilspannungen zusammen. So erzeugt der von der Speisestelle Ua im Kurzschlußfall abgegebene Fehlerstrom \underline{I}_{FA} einen Spannungsabfall über der auszumessenden Leiterschleife. Weiterhin erzeugt der Laststrom \underline{I}_L einen Spannungsabfall an der Ersatzimpedanz m \underline{Z}_{1L} für den Leitungsabschnitt zwischen dem Meßort A und der Fehlerstelle F. Eine weitere zu berücksichtigende Teilspannung entsteht durch den vom anderen Ende der Leitung von der Speisestelle Ub gespeisten Fehlerstrom \underline{I}_{FB} über dem Fehlerwiderstand $3R_f$. Die beiden letztgenannten Teilspannungsabfälle verursachen die genannten Meßfehler. Um diese Meßfehler exakt korrigieren zu können, müssen diese vorher genau quantifiziert werden.

Es bedarf zur genauen Distanzmessung mit einer Distanzschutzanordnung also einer Laststromkompensation, die bisher nur bei
25 Fehlerortern üblich ist. In dem Buch von H. Opperskalski
"Verhalten impedanzbestimmender Distanzschutzalgorithmen",
Fortschritt-Berichte VDI Reihe 6 Energieerzeugung Nr. 256, Seiten 45 bis 47 ist ein Verfahren beschrieben, das zur Berechnung
des Fehlerortes ein Iterationsverfahren benutzt. Derartige
30 Verfahren haben kein definiertes Laufzeitverhalten, da die zur
Durchführung des Verfahrens benötigte Rechenzeit von der nicht
vorhersagbaren Anzahl der benötigten Iterationszyklen abhängt.
Damit eignet sich ein solches Verfahren prinzipiell nicht für
eine Echtzeitanwendung, wie sie bei einer Distanzmessung im

Rahmen einer Distanzschutzanordnung erforderlich ist, um bei einem Kurzschluß den fehlerbehafteten Leitungsabschnitt in kürzester Zeit abschalten zu können.

5 Ein weiteres Iterationsverfahren zum Bestimmen eines Fehlerortes ist in der britischen Offenlegungsschrift GB 2 036 478 A
beschrieben. Bei diesem Verfahren werden unter anderem ein
Strom und eine Spannung an der Fehlerstelle errechnet, und es
wird anschließend die Phasenlage der beiden Größen zueinander
10 festgestellt; ergibt sich eine Phasenabweichung, wird eine andere Spannung an der Fehlerstelle errechnet und erneut die
Phasenlage zum errechneten Strom bestimmt. Ist schließlich
Phasenübereinstimmung erreicht, wird aus den dabei berücksichtigten Größen auf den Fehlerort geschlossen.

15

Ferner ist in der europäischen Offenlegungsschrift EP 0 106 790 Al ein Verfahren zum Lokalisieren einer Fehlerstelle auf einer Freileitung beschrieben, bei dem in einem ersten Verfahrensschritt die Berechnung von komplexen Strom- und Spannungszeigern vorgenommen wird. In einem zweiten Verfahrens-20 schritt wird unter Verwendung der als bekannt vorausgesetzten komplexen Impedanzen der Leitung selbst und der Einspeiseimpedanzen von beiden Leitungsenden sowie der Fehlerart eine quadratische Gleichung gelöst. Aufgrund der als bekannt vorausgesetzten komplexen Einspeiseimpedanzen eignet sich dieses 25 Verfahren ausschließlich für den Einsatz in Fehlerortern, da die Einspeiseimpedanzen in einem typischen Netz von Schaltzustand des Netzes abhängig sind und somit eine Datenübertragung für die Bereitstellung dieser Informationen im Schutzgerät benötigt wird. Eine Distanzschutzanordnung muß jedoch un-30 abhängig von solchen Datenverbindungen funktionsfähig sein. Weiterhin ist der arithmetische Aufwand zur Berechnung des Fehlerortes mit diesem bekannten Verfahren zwar niedriger als

mit dem oben behandelten Iterationsverfahren, aber immer noch sehr hoch.

Es ist auch ein Verfahren zum Prüfen von Anordnungen bekannt (europäische Patentschrift EP 0 284 546 B1), das sich zum ge-5 nauen Bestimmen des Fehlerortes auf einer elektrischen Energieübertragungsleitung einsetzen läßt. Bei diesem bekannten Verfahren werden Strom und Spannung der Energieübertragungsleitung bzw. daraus abgeleitete Größen in einer Filtereinheit mit nichtrekursiven digitalen Filtern (FIR-Filtern) verarbei-10 tet; in einer nachgeordneten Recheneinheit werden daraus nach Fehlerkorrektur den Fehlerort angebende Größen errechnet. Um mit diesem Verfahren genau und in Echtzeit im Rahmen einer Distanzschutzanordnung arbeiten zu können, muß ein relativ leistungsfähiger und damit relativ kostenintensiver Rechner 15 eingesetzt werden.

Die Erfindung geht von dem oben zuletzt behandelten Verfahren aus, bezieht sich also auf ein Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieüber-20 tragungsleitung, bei dem die Spannung an einem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und in einem linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfilter (FIR-Filter) eines ersten Typs (mit Gewichtsfaktoren gi) einer Filtereinheit bewertet wird, der Strom in dem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, 25 digitalisiert und einerseits in einem weiteren FIR-Filter des ersten Typs und andererseits in einem FIR-Filter eines zweiten Typs (mit Gewichtsfaktoren fi) der Filtereinheit bewertet wird, wobei die Gewichtsfaktoren frei vorgegeben werden und eine Fehlerkorrektur mittels eines Korrekturfaktors durchgeführt 30 wird, der als Quotient aus den Amplitudengängen der FIR-Filter ersten und zweiten Typs gebildet wird, und aus den Ausgangsgrößen der Filtereinheit in einer Recheneinheit die jeweilige Distanz der Fehlerstelle von einem Meßort angebende

Impedanzmeßgrößen ermittelt werden, und stellt sich die Aufgabe, dieses bekannte Verfahren so fortzuentwickeln, daß es zur Distanzmessung besonders gut geeignet ist.

- Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß zur Distanz-5 messung bei einpoligen Erdkurzschlüssen ein der Summe der Strome in den Phasenleitern der Energieübertragungsleitung entsprechender Summenstrom erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem zusätzlichen FIR-Filter des ersten Typs und andererseits in einem zusätzlichen Filter des zweiten Typs der 10 Filtereinheit unter Bildung jeweils einer Ausgangsgröße bewertet; in der Recheneinheit wird aus der Ausgangsgröße des weiteren FIR-Filters des ersten Typs eine erste Hilfsgröße durch Multiplikation mit dem kilometrischen ohmschen Widerstand des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet, und in der 15 Recheneinheit wird ferner aus der Ausgangsgröße des einen FIR-Filters des zweiten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Hilfsgröße gebildet; in der Recheneinheit wird außerdem aus der Ausgangsgröße des zusätz-20 lichen FIR-Filters des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Hilfsgröße gewonnen und darüber hinaus aus der Ausgangsgröße des zusätzlichen FIR-Filters des zweiten Typs durch 25 Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischer Induktivitāt des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine vierte Hilfsgröße gebildet; in der Recheneinheit wird aus den Ausgangsgrößen der FIR-Filter und den Hilfsgrößen ein Längenfaktor und ein dem Widerstand an der 30 Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert errechnet und durch Multiplikation des Längenfaktors mit der kilometrischen
 - Resistanz des Mitsystems und Addition des Widerstandswertes sowie durch Multiplikation der kilometrischen Reaktanz des

Mitsystems mit dem Längenfaktor die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Impedanz gebildet.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß es mit lediglich zwei zusätzlichen FIR-Filtern 5 in der Filtereinheit und einem im Vergleich zu dem bekannten Verfahren in bezug auf eine Fehlerortsbestimmung nur unwesentlich erhöhten Rechenaufwand in der Recheneinheit eine genaue Distanzmessung in Echtzeit bei einpoligen Erdkurzschlüssen durch Laststromkompensation erlaubt. Dies erfolgt 10 unter ausschließlicher Verwendung der am Meßort verfügbaren Meßgrößen sowie in Kenntnis und mit Brücksichtigung der kilometrischen Resistanz und Reaktanz von Mitsystem und Gegensystem der zu schützenden Energieübertragungsleitung. Dieses Verfahren zeichnet sich also durch eine genau definierte Laufzeit und 15 einen besonders niedrigen arithmetischen Aufwand aus und ist somit für Echtzeitanwendungen besondert geeignet.

Um die Genauigkeit der Distanzmessung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch im Falle einer zu der zu überwachenden Energieübertragungsleitung parallelen weiteren Energieübertragungsleitung sicherzustellen, wird bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Vorhandensein einer parallelen mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung ein der Summe der Strömen in den Phasenleitern 25 dieser Energieübertragungsleitung entsprechender Nullstrom erfaßt und digitalisiert und der Realteil des aufsummierten Stromes am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters des ersten Typs dem digitalisierten Summenstrom und der Imaginarteil des aufsummierten Stromes am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters des 30 zweiten Typs dem digitalisierten Summenstrom hinzu addiert.

Eine Distanzmessung muß in einem Distanzschutzgerät nicht nur schnell erfolgen, sondern sie muß auch genau und zuverlässig

sein, damit das Gerät nicht aufgrund einer ungenauen Messung eine Auslösung und damit ein Abschalten der zu überwachenden Energieübertragungsleitung vornimmt. Deshalb wird bei Distanzschutzgeräten mit sogenannter Meßwiederholung gearbeitet; dazu wird allerdings zusätzlich Zeit benötigt und zwar auch dann, 5 wenn - wie sich dann später zeigt - die Distanzmessung an sich genau war. Diesbezüglich ist eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft, bei der zeitlich parallel eine weitere Distanzmessung vorgenommen wird, indem die Spannung an dem fehlerbehafteten Phasenleiter in einem ergänzenden FIR-10 Filter eines dritten Typs (mit Gewichtsfaktoren h_i) in der Filtereinheit unter Bildung einer Ausgangsgröße bewertet wird, der Strom in dem fehlerbehaftetem Phasenleiter in einem weiteren ergånzenden FIR-Filter des dritten Typs unter Bildung einer Ausgangshilfsgröße bewertet wird, der Summenstrom in einem zu-15 sätzlichen ergänzenden FIR-Filter des dritten Typs unter Bildung einer zusätzlichen Ausgangshilfsgröße bewertet wird, in der Recheneinheit aus der Ausgangshilfsgröße des weiteren ergånzenden FIR-Filters des dritten Typs eine erste Zusatzhilfsgröße durch Multiplikation mit dem kilometrischen Widerstand 20 des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet wird, in der Recheneinheit ferner aus der Ausgangsgröße des weiteren FIR-Filters des ersten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Zusatzgröße gebildet wird, in der Re-25 cheneinheit außerdem aus der Ausgangshilfsgröße des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Zusatzgröße gewonnen wird, in der Recheneinheit darüber hinaus aus der Ausgangsgröße des zusätzlichen erganzenden FIR-Filters des dritten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine

15

20

Vierte Zusatzgröße gebildet wird, in der Recheneinheit aus den Ausgangsgrößen der FIR-Filter und den Zusatzgrößen ein Längenfaktor und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert errechnet wird, in der Recheneinheit durch Multiplikation des Längenfaktors mit der kilometrischen Reaktanz des Mitsystems mit dem Längenfaktor eine die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Vergleichs-Impedanz gebildet wird, und die Distanzmessung als hinreichend genau betrachtet wird, wenn sich die Differenz zwischen der Meßimpedanz und der Vergleichs-Impedanz innerhalb einer vorgegebenen Größe hält.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung ist in

- Figur 2 ein Komponentennetzwerk einer zu überwachenden elektrischen Energieübertragungsleitung bei einem einpoligen Erdkurzschluß, in
- Figur 3 in Form eines Blockschaltbildes ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, in
- Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur Durchführung des Verfahrens und in
- Figur 5 ein zusätzliches Ausführungsbeispiel dargestellt.

Für einen einpoligen Erdkurzschluß auf einer dreiphasigen Energieübertragungsleitung gilt das in Fig. 2 dargestellte Ersatzschaltbild, in dem mit I das Mitsystem, mit II das Gegensystem
und III das Nullsystem bezeichnet ist. Die Fig. 2 gibt also die
Verhältnisse auf der mehrphasigen Energieübertragungsleitung in
symmetrischen Komponenten in einer Darstellung wieder, die z.B.
dem Buch von R. Roeper "Kurzschlußströme in Drehstromnetzen",
1984, Seiten 48 bis 51 entnehmbar ist.

Von den beiden Speisestellen Ua und Ub wird nur durch das Mitsystem ein Laststrom \underline{I}_{IFA} erzeugt; außerdem entsteht ein Fehlerstrom \underline{I}_F . Die Aufteilung des Fehlerstromes \underline{I}_F auf die einzelnen

Teile I bis III des Komponentennetzwerkes berechnet sich wie folgt anhand der nachstehenden Stromaufteilungsfaktoren co und **c**₁:

5 Nullsystem:
$$c_0 = \frac{\underline{I}_{0FA}}{I_F} = \frac{(1-m)\underline{Z}_{0L} + \underline{Z}_{0B}}{Z_{0A} + Z_{0A} + Z_{0B}}$$
 (2)

Nullsystem:
$$c_{0} = \frac{\underline{I}_{0FA}}{\underline{I}_{F}} = \frac{(1-m)\underline{Z}_{0L} + \underline{Z}_{0B}}{\underline{Z}_{0A} + \underline{Z}_{0L} + \underline{Z}_{0B}}$$
Mit- und Gegensystem:
$$c_{1} = \frac{\underline{I}_{1FA}}{\underline{I}_{F}} = \frac{(1-m)\underline{Z}_{1L} + \underline{Z}_{1B}}{\underline{Z}_{1A} + \underline{Z}_{1L} + \underline{Z}_{1B}}$$
(3)

Dabei ist mit I_{OFA} ein Teil des Fehlerstroms I_F und mit I_{OFB} , der weitere Anteil dieses Fehlerstromes bezeichnet; die Ersatzimpedanzen in den drei Teilen I bis III des Komponenten-10 netzwerkes sind entsprechend Fig. 1 definiert. Der Strom \underline{I}_{OFA} entspricht der Summe der Ströme in den einzelnen Phasenleitern der zu überwachenden Energieübertragungsleitung.

Stellt man die Maschengleichung für die in Fig. 2 eingetragene 15 Masche auf, so erhält man nach der Rücktransformation in natürliche Komponenten:

$$\underline{U}_{RA} = m(\underline{Z}_{0L} - \underline{Z}_{1L})I_{0FA} + m\underline{Z}_{1L}\underline{I}_{FA} + R_f\underline{I}_f \tag{4}$$

20

25

In dieser Formel sind die Einflüsse durch den Laststrom \underline{I}_{FA} und die Einspeisung von der Speisestelle Ub bereits berücksichtigt. Diese Gleichung enthält jedoch noch die am Punkt A nicht meßbare Größe I_{f} . Durch Einsetzen des Stromaufteilungsfaktors c_0 für das Nullsystem erhält man:

$$\underline{U}_{RA} = m(\underline{Z}_{0L} - \underline{Z}_{1L})\underline{I}_{0FA} + m\underline{Z}_{1L}\underline{I}_{FA} + R_f \frac{1}{\underline{c}_0}\underline{I}_{0FA}$$
(5)

Unter der Annahme, daß sich die Phasenwinkel der beiden Ströme \underline{I}_{OFA} und \underline{I}_{OFB} nicht voneinander unterscheiden, kann man den Feh-30 lerwiderstand R_f und den Stromteilungsfaktor c_θ zu einem fiktiven Fehlerwiderstand R_{Cf} zusammenfassen:

$$\underline{U}_{RA} = m(\underline{Z}_{0L} - \underline{Z}_{1L})\underline{I}_{0FA} + m\underline{Z}_{1L}\underline{I}_{FA} + R_{cf}\underline{I}_{0FA}$$
(6)

Diese Gleichung ist linear und enthält neben den Leitungskonstanten und den am Einbauort meßbaren Signalen nur noch die beiden Unbekannten m und R_{cf} . Nach der Transformation der obigen Gleichung in den Zeitbereich erhält man:

$$U_{RA} = m \left(\left(L_{0I} - L_{1L} \right) \frac{di_{0FA}}{dt} + L_{1L} \frac{di_{FA}}{dt} + \left(R_{0I} - R_{1L} \right) i_{0FA} + R_{1L} i_{FA} \right) + R_{cf} i_{0FA}$$
 (7)

Es sind also die Parameter m und R_{Cf} zu ermitteln, was mit dem 10 aus der oben bereits erwähnten europäischen Patentschrift 0 284 546 Bl bekannten Verfahren erfolgt. Dazu werden die Größen u_{RA} , i_{OFA} und i_{FA} nach Normierung in einer Filtereinheit 1 gemåß Fig. 3 bewertet. Eine solche Bewertung erfolgt durch Faltungsoperationen (symbolisch mit * im Blockschaltbild 15 dargestellt). Die normierte Spannung uRA wird dazu über einen Analog-Digital-Umsetzer 2, der die Spannung u_{RA} nach Abtastung mit einer entsprechend gewählten Abtastzeit Ta in eine Zahlenfolge u_k umsetzt, einem linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfilter, also einem FIR-Filter 3 zugeführt. Dieses FIR-Filter 20 3 gehört zu einem ersten Filtertyp und weist eine symmetrische Gewichtsfaktorenverteilung $g_i = g_{n-i}$ auf; n bezeichnet dabei den Zählergrad. An dem Ausgang des FIR-Filters 3 entsteht eine Folge y_k , deren Abbildungsvorschrift lautet:

$$y_k = \sum_{i=0}^n g_i \cdot u_{k-i} \tag{8}$$

Weiterhin wird nach entsprechender Abtastung in einem weiteren Analog-Digital-Umsetzer 4 die normierte Größe i_{FA} umgesetzt und die entstandenen Werte x_K einem weiteren FIR-Filter 5 zugeführt, das ebenfalls zum ersten Filtertyp gehört und dessen Gewichtsfaktorenverteilung identisch ist mit der des FIR-Filters

3; am Ausgang des weiteren Filters 5 wird eine Folge $w_{\mathbf{k}}$ erzeugt, die beschrieben ist mit:

$$wk = \sum_{i=0}^{n} s_i \cdot x_{k-i} \tag{9}$$

5

Außerdem werden die Werte x_k einem weiteren FIR-Filter 6 zugeführt, das einem zweiten Typ angehört, dessen Gewichtsfaktorenverteilung lautet:

10
$$f_{i} = -f_{n-i}$$
 (10)

Am Ausgang dieses FIR-Filters 6 entsteht eine Folge v_k , deren Abbildungsvorschrift lautet (mit "x" wieder für Stromabtastwerte):

15

$$v_k = \sum_{i=0}^{n} f_i \cdot x_{k-i}$$
 (11)

Der Summenstrom i_{OFA} wird nach Normierung einem zusätzlichen Analog-Digital-Wandler 7 zugeführt, der am Ausgang eine Zahlenfolge i_{Ok} abgibt. Diese Zahlenfolge wird in einem zusätzlichen FIR-Filter 8 des ersten Typs gefaltet, wodurch am Ausgang dieses Filters eine Ausgangsgröße m_k gebildet wird. Außerdem wird in einem zusätzlichen FIR-Filter 9 des zweiten Typs eine zusätzliche Ausgangsgröße n_k erzeugt.

25

Grundsätzlich gilt dabei, daß die verwendeten FIR-Filter der Beziehung genügen

$$F(p) = p \cdot G(p). \tag{12}$$

30

Aquivalent zum Vorgehen bei dem Meßverfahren nach der europäischen Patentschrift 0 284 546 wird die obige Gleichung (6) für

zwei verschiedene Zeitpunkte T_1 und T_2 aufgestellt und nach den beiden unbekannten Größen m und R_{Cf} aufgelöst. Man erhält folgende Bestimmungsvorschrift für m und R_{cf} :

$$R_{ef} = \frac{G * U_{RA1} \cdot k_2 - G * U_{RA2} \cdot k_1}{k_2 \cdot G * I_{0FA1} - k_1 \cdot G * I_{0FA2}}$$
(14)

mit

10
$$k_1 = R_1 \cdot G * I_{FA1} - (R_o - R_1) \cdot G * I_{OFA1} + L_1 \cdot F * I_{FA1} - (L_o - L_1) F * I_{OFA1}$$
 (15)
 $k_2 = R_1 \cdot G * I_{FA2} - (R_o - R_1) \cdot G * I_{OFA2} + L_1 \cdot F * I_{FA2} - (L_o - L_1) F * I_{OFA2}$ (16)

Dabei bezeichnet $R_i \cdot G * \underline{I}_{FA12}$ eine erste Hilfsgröße H1, $L_{i} \cdot F * \underline{I}_{FAl2}$ eine zweite Hilfsgröße H2, $(R_a - R_1) \cdot G * \underline{I}_{OFAL2}$ eine dritte Hilfsgröße H3 und $(L_o - L_l) \cdot F * \underline{I}_{OFA1,2}$ eine vierte Hilfsgröße H4.

Die Indexzahlen "1" und "2" kennzeichnen die zu verschiedenen Abtastzeitpunkten abgetasteten Werte von I_{FA} und I_{0FA} . Die für 20 die Polygoneinordnung notwendigen Größen R und X erhält man aus diesen Berechnungsergebnissen. Dabei wird auf die Rekonstruktion des tatsachlichen Fehlerwiderstandes aus dem berechneten virtuellen Fehlerwiderstand R_{Cf} verzichtet. Der tatsächliche Fehlerwiderstand R berechnet sich nach folgender Formel: 25

$$R_f = c_0 \cdot R_{cf}$$

Aus dem Verhältnis des für den Spannungsabfall über $R_{m f}$ maßgebenden Stromes I_f zum meßbaren Fehlerstromanteil I_{OFA} und dessen 30 Winkel kann mittels der Stromteilerregel folgende Beziehung abgeleitet werden:

$$\underline{c_0} = \frac{I_{0FA}}{I_f} \qquad \beta = \arg \underline{c_0} \qquad \underline{c_0} = \frac{(1-m)\underline{Z_l} + \underline{Z_B}}{\underline{Z_A} + \underline{Z_l} + \underline{Z_B}}$$
(17)

Der Winkel β hat in Energiesystemen normalerweise einen sehr kleinen Wert. Verschiedentlich wird ein Bereich von 0..6° ange-5 geben. Deshalb kann davon ausgegangen werden, daß die Korrektur der direkten Messung relativ geringen Einfluß auf die ermittelte Reaktanz X haben wird. Da eine Einstellung einer Lichtbogenreserve relativ problemlos möglich ist, wird auch auf eine Korrektur des virtuellen Fehlerwiderstandes Ref verzichtet. Mit diesen Voraussetzungen werden die zur Polygoneinordnung verwendeten Größen nach folgender Vorschrift berechnet:

$$X = mX_1' \qquad R = mR_1' + R_{cf} \tag{18}$$

Dabei ist mit X_1 die kilometrische Reaktanz und mit R_1 die ki-15 lometrische Resistanz der zu überwachenden Energieübertragungsleitung bezeichnet.

Diese Art der Berechnung der zur Polygoneinordnung verwendeten 20 Größen hat den Vorteil, daß keine Parameter zur Beschreibung der Vorimpedanzen der zu schützenden Leitung notwendig sind.

Um eine induktive Einkopplung durch den Nullstrom einer zu der überwachenden Energieübertragungsleitung parallelen Nachbar-25 leitung zu berücksichtigen, dient ein Verfahren, das sich durch das in Fig. 4 dargestellte Blockschaltbild veranschaulichen läßt. Bei diesem Verfahren wird ein Nullstrom i_{0MA} eines nicht gezeigten Nachbarsystems (Summe der Ströme in den Phsenleitern des Nachbarsystems) nach Normierung einem ergänzenden Analog-Digital-Wandler 12 zugeführt, dem ein Rechenwerk 13 nachgeord-30 net ist. Dieses Rechenwerk erzeugt an seinem einen Ausgang Al eine Zusatzgröße ZG1, die dem Realteil Re $\{\underline{K}_{0M}\}\cdot\underline{I}_{OAM}$ entspricht; am Ausgang A2 wird eine weitere Zusatzgröße ZG2 gebildet, die

10

15

dem Imaginärteil ${\rm Im}\{\underline{K}_{0M}\}\cdot\underline{I}_{OAM}$ entspricht.In nachgeordneten Summierern 14 und 15 werden die Summen dieser Anteile mit der Größe $\mathbf{x}_{\mathbf{k}}$ gebildet.

Dabei wird induktive Einkopplung durch den Nullstrom des Nachbarsystemes mittels des komplexen Korrekturfaktors $\underline{k}_{\mathit{OM}}$ berücksichtigt. Der Real- und Imaginärteil des komplexen Faktors $\underline{k}_{\mathit{OM}}$ repräsentiert jeweils einen Parameter des Schutzgerätes. Diese Parameter spiegeln das Verhältnis der Zwischensystemkopplung der beiden Teilsysteme der Doppelleitung zur Leitungsimpedanz der zu schützenden Leitung wider.

In der Recheneinheit 10 wird der Einfluß einer Nachbarleitung dadurch berücksichtigt, daß in den oben angegebenen Gleichungen (15) und (16) die Ausdrücke $\underline{F} * \underline{I}_{0A1}$ und $\underline{G} * \underline{I}_{0A1}$ durch die nachstehenden Asdrücke ersetzt werden.

$$F*I_{0A1} = F*(I_{0A1} + \operatorname{Im}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA1}) \quad F*I_{0A2} = F*(I_{0A2} + \operatorname{Im}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA2})$$

$$G*I_{0A1} = G*(I_{0A1} + \operatorname{Re}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA1}) \quad G*I_{0A2} = G*(I_{0A2} + \operatorname{Re}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA2})$$
(19)

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 sind mit dem Ausfüh-20 rungsbeispiel nach Figur 3 übereinstimmende Bausteine mit den gleichen Bezugszeichen versehen worden. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ist hier eine Filtereinrichtung 16 anders aufgebaut, indem sie erganzend zu den FIR-Filtern 3,5,6,8 und 9 gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ein erganzendes FIR-Filter 17 eines dritten Typs mit Gewichts-25 faktoren h; aufweist, in dem durch eine Faltungsoperation die Spannung uRA bewertet wird; am Ausgang des ergänzenden FIR-Filters 17 ergibt sich dann eine Ausgangshilfsgröße ok. Ferner ist in der Filtereinheit 16 ein weiteres ergänzendes FIR-Filter 18 des dritten Typs angeordnet, in dem der Strom in dem fehlerbe-30 hafteten Phasenleiter der zu überwachenden Energieübertragungsleitung bewertet wird; ausgangsseitig tritt an diesem FIR-Filter 18 eine weitere Ausgangshilfsgröße pk auf. Schließlich ist

10

die Filtereinheit 16 noch mit einem zusätzlichen ergänzenden FIR-Filter 19 des dritten Typs ausgerüstet, indem der Summenstrom $i_{\it OFA}$ bewertet wird. Am Ausgang dieses zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters 19 ergibt sich eine zusätzliche Ausgangshilfsgröße r_k .

Bezüglich der Ausgestaltung der ergänzenden FIR-Filter 17, 18 und 19 des dritten Typs ist darauf hinzuweisen, daß die FIR-Filter $G(j\Omega)$, $F(j\Omega)$ und $H(j\Omega)$ der folgenden Beziehung (20) genügen müssen

$$G(j\omega) = j \sin \Omega$$
 . $H(j\omega)$
 $F(j\omega) = j \sin \Omega$. $G(j\omega)$ mit $\Omega = T_A$. ω_{Netz} (20)

Darin gibt ω_{Netz} die Netzfrequenz der zu überwachenden Energieübertragungsleitung und T_A die Abtastzeit wieder. Für kleine Werte von Ω gilt näherungsweise, daß sinΩ = Ω ist. Dies wiederum bedeutet, daß die verwendeten FIR-Filter der unterschiedlichen Typen untereinander über den d/dt-Operator bzw. im Frequenzbereich über den p-Operator verknüpft sind. Die einzelnen FIR-Filter lassen sich daher durch Faltung eines Grundfilters mit einem Basisfilter erzeugen. Dabei wird der Faltungssatz der Fourier-Transformation ausgenutzt. Als Basisfilter wird zweckmäßigerweise ein Transversalfilter mit einer Übertragungsfunktion gemäß der nachfolgenden Gleichung (21) verwendet:

$$z^{-1} - z \Leftrightarrow j \sin \Omega \tag{21}$$

Führt man mit einer Filtereinheit 16 gemäß der Figur 5 analog zu dem Vorgehen gemäß den Gleichungen (13) bis (16) eine Untersuchung mit den FIR-Filtern des dritten Typs durch, dann läßt sich analog zu der Gleichung (13) ein Vergleichslängenfaktor mygemäß der nachstehenden Gleichung (22) ermitteln:

$$m_{V} = \frac{H * U_{RA2} \cdot H * I_{0FA1} - H * U_{RA1} \cdot H * I_{0FA2}}{k_{2} \cdot H * I_{0FA1} - k_{1} \cdot H * I_{0FA2}}$$

$$k_{1} = R'_{1} \cdot H * I_{RA1} - (R'_{0} - R'_{1}) \cdot H * I_{0FA1} + L'_{1} \cdot G * I_{RA1} - (L'_{0} - L'_{1}) \cdot G I_{0FA1}$$

$$k_{2} = R'_{1} \cdot H * I_{RA2} - (R'_{0} - R'_{1}) \cdot H * I_{0FA2} + L'_{1} \cdot G * I_{RA2} - (L'_{0} - L'_{1}) \cdot G * I_{0FA2}$$

$$(22)$$

in der mit $R_1 \cdot H^*I_{FAI}$ eine erste Zusatzgröße H5,

- 5 mit
 - $L_1' \cdot G * I_{FA1}$ eine weitere Zusatzgröße H6, mit $(R_0' R_1') \cdot H * I_{0FA2}$ eine dritte Zusatzgröße H7 und mit $(L_0' L_1') \cdot G * I_{0FA1}$ eine vierte Zusatzgröße H8 bezeichnet ist.
- Die Indexzahlen "1" und "2" kennzeichnen auch hier wieder die zu verschiedenen Abtastzeitpunkten abgetasteten Werte von I_{FA} und I_{OFA} .
- Ganz entsprechend wie es oben bereits erläutert worden ist, ergibt sich dann ein Vergleichs-Fehlerwiderstand R_V , der sich durch folgende Gleichung (23)

$$R_V = \frac{(H * U_1)(G * I_k) - (H * U_k)(G * I_k)}{(H * I_1)(G * I_k) - (H * - I_k)(G * I_k)}$$
(23)

20 Entsprechend läßt sich eine Vergleichs-Reaktanz X_V gemäß der nachstehenden Gleichung (24) ermitteln:

$$X_{V} = m_{V} \dot{X_{1}} \tag{24}$$

Damit ist eine Vergleichs-Impedanz gewonnen. Da die Gewinnung dieser Vergleichsimpedanz zeitlich parallel zur Gewinnung der Meßimpedanz erfolgt, erhält man bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach einem Meßzyklus für die Distanzmessung eine Aussage in Form der Meßimpedanz und eine weitere Aussage in Form der Vergleichsimpedanz. Sind beide Impedanzen gleich groß, dann ist dies eine deutliche Aussage dafür, daß die Di-

stanzmessung genau durchgeführt worden ist, so daß ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitendes Distanzschutzgerät auf der Basis dieser Distanzmessung sofort entscheiden kann, ob eine Auslösung vorzunehmen ist. Im allgemeinen ist es zweckmäßig, eine gewisse Abweichung der beiden gemessenen Impedanzwerte zuzulassen; beispielsweise wird es als vertretbar angesehen, bei Abweichung von > als 10 % noch von einer hinreichend genauen Distanzmessung auszugehen. Es wird dann ein Vergleich gemäß der nachstehenden Gleichung (25) vorgenommen:

10

$$|X - X_{\mathbf{v}}| < 0.1 \, |\underline{Z}| \tag{25}$$

Zeigt der Vergleich, daß die Differenz zwischen der Meßimpedanz und der Vergleichs-Impedanz verhältnismäßig groß ist, dann wird die Messung von Meßimpedanz und Vergleichs-Impedanz in einem nächsten Meßzyklus wiederholt; ist die Bedingung gemäß Gleichung (25) erfüllt, dann wird ein endgültiger Schutzentscheid gebildet.

Patentansprüche

- 1. Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung, bei dem
- 5 die Spannung (\underline{U}_{RA}) an einem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und in einem linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfilter (FIR-Filter) (3) eines ersten Typs (mit Gewichtsfaktoren g_i) einer Filtereinheit (1) bewertet wird,
- der Strom (i_{FA}) in dem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem weiteren FIR-Filter (5) des ersten Typs und andererseits in einem FIR-Filter (6) eines zweiten Typs (mit Gewichtsfaktoren f_i) der Filtereinheit (1) bewertet wird,
- wobei die Gewichtsfaktoren (g_i, f_i) frei vorgegeben werden und
 - eine Fehlerkorrektur mittels eines Korrekturfaktors (k_C) durchgeführt wird, der als Quotient aus den Amplitudengängen der FIR-Filter ersten und zweiten Typs gebildet wird, und
 - aus den Ausgangsgrößen der Filtereinheit (1) in einer Recheneinheit (10) die jeweilige Distanz der Fehlerstelle von einem Meßort angebende Impedanzmeßgrößen ermittelt werden.
- 25 dadurch gekennzeichnet, daß
- zur Distanzmessung bei einpoligen Erdkurzschlüssen ein der Summe der Ströme in den Phasenleitern der Energieübertragungsleitung entsprechender Summenstrom (\underline{I}_{OFA}) erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem zusätzlichen FIR-
- 30 Filter (8) des ersten Typs und andererseits in einem zusätzlichen Filter (9) des zweiten Typs der Filtereinheit (1) unter Bildung jeweils einer Ausgangsgröße (m_k, n_k) bewertet wird,
- in der Recheneinheit (10) aus der Ausgangsgröße (w_k) des weiteren FIR-Filters (5) des ersten Typs eine erste Hilfsgröße (H1) durch Multiplikation mit dem kilometrischen

- ohmschen Widerstand (R_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet wird,
- in der Recheneinheit ferner aus der Ausgangsgröße $(V_{\mathbf{k}})$ des weiteren FIR-Filters (6) des zweiten Typs durch Multipli-
- kation mit der kilometrischen Induktivität (L_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Hilfsgröße (H2) gebildet wird,
 - in der Recheneinheit außerdem aus der Ausgangsgröße $(m_{\tilde{K}})$ des zusätzlichen FIR-Filters (8) des ersten Typs durch
- Multiplikation mit der Differenz (R_O R₁) aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Hilfsgröße (H3) gewonnen wird,
- in der Recheneinheit darüberhinaus aus der Ausgangsgröße
 (n_k) des zusätzlichen FIR-Filters (9) des zweiten Typs durch Multiplikation mit der Differenz (L_O L₁) aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine vierte Hilfsgröße (H4) gebildet wird,
- 20 in der Recheneinheit aus den Ausgangsgrößen $(y_k, m_k, n_k, w_k, v_k)$ der FIR-Filter (3, 8, 9, 5, 6) und den Hilfsgrößen (H1 bis H4) ein Längenfaktor (m) und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert (R_f) errechnet wird und
- in der Recheneinheit durch Multiplikation des Längenfaktors (m) mit der kilometrischen Resistanz (R₁) des Mitsystems und Addition des Widerstandswertes (R_f) sowie durch Multiplikation der kilometrischen Reaktanz (L₁) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m) die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Meßimpedanz (R X) gehildet
- Fehlerstelle kennzeichnende Meßimpedanz (R,X) gebildet wird.
 - 2. Verfahren nach Anspruch 1,
- 35 dadurch gekennzeichnet, daß
 - beim Vorhandensein einer parallelen mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung ein der Summe der Strömen

in den Phasenleitern dieser Energieübertragungsleitung entsprechender Nullstrom (\underline{I}_{OAM}) erfaßt und digitalisiert wird und

- eine dem Realteil des Nullstromes proportionale Größe am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters (8) des ersten Typs dem digitalisierten Summenstrom (i_{ok}) und eine dem Imaginärteil des Nullstromes (\underline{I}_{OAM}) am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters (9) des zweiten Typs dem digitalisierten Summenstrom (i_{ok}) hinzu addiert wird.

10

25

30

35

- 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2.
- dadurch gekennzeichnet, daß
- zeitlich parallel eine weitere Distanzmessung vorgenommen wird, indem
- 15 die Spannung (u_{RA}) an dem fehlerbehafteten Phasenleiter in einem ergänzenden FIR-Filter (17) eines dritten Typs (mit Gewichtsfaktoren (h_i) in der Filtereinheit (16) unter Bildung einer Ausgangsgröße (o_k) bewertet wird,
- der Strom (i_{FA}) in dem fehlerbehaftetem Phasenleiter in einem weiteren ergänzenden FIR-Filter (17) des dritten Typs unter Bildung einer Ausgangshilfsgröße (p_k) bewertet wird,
 - der Summenstrom (i_{0FA}) in einem zusätzlichen ergänzenden FIR-Filter (19) des dritten Typs unter Bildung einer zusätzlichen Ausgangshilfsgröße (r_k) bewertet wird,
 - in der Recheneinheit (20) aus der Ausgangshilfsgröße (p_k) des weiteren ergänzenden FIR-Filters (18) des dritten Typs eine erste Zusatzhilfsgröße (H5) durch Multiplikation mit dem kilometrischen Widerstand (R'₁) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet wird,
 - in der Recheneinheit (20) ferner aus der Ausgangsgröße (w_k) des weiteren FIR-Filters (5) des ersten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität (L'_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Zusatzgröße (H6) gebildet wird,
 - in der Recheneinheit (20) außerdem aus der Ausgangshilfsgröße (r_k) des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters (19)

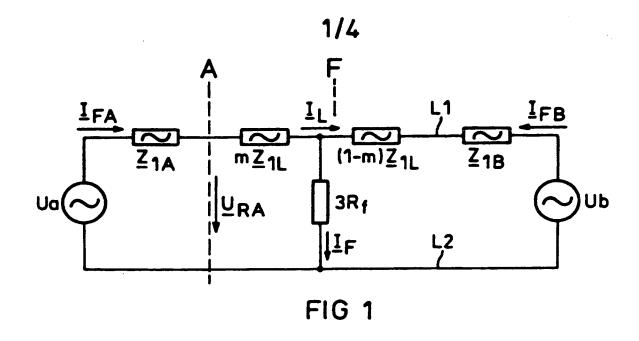
des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz (R_O-R_1) aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Zusatzgröße (H7) gewonnen wird,

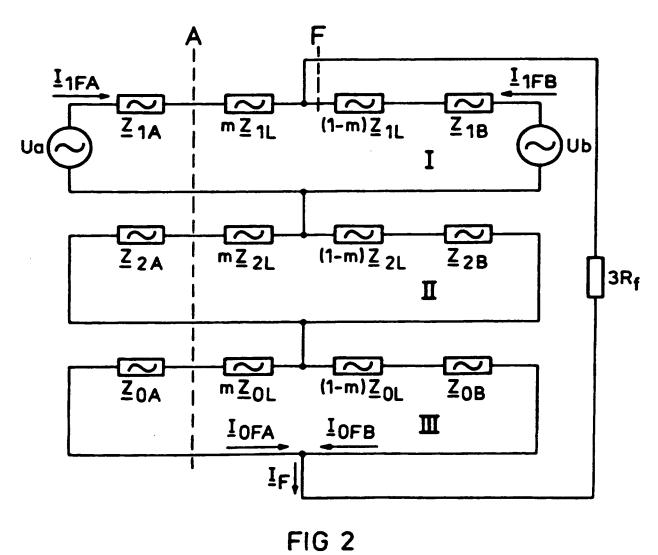
- in der Recheneinheit (20) darüber hinaus aus der Ausgangsgröße (rk) des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters (11) des dritten Typs durch Multiplikation mit der Differenz (Lo L1) aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine vierte Zusatzgröße (H8) gebildet wird,
 - in der Recheneinheit (20) aus den Ausgangsgrößen (o_k,p_k,r_k) der FIR-Filter (17,18,19) und den Zusatzgrößen (H5 bis H8) ein Längenfaktor (m_V) und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert (R_{fV}) errechnet wird,
 - in der Recheneinheit (20) durch Multiplikation des Längenfaktors (m_V) mit der kilometrischen Reaktanz (L'_1) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m_V) eine die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Vergleichs-Impedanz (R_V, X_V) gebildet wird, und
 - die Distanzmessung als hinreichend genau betrachtet wird, wenn sich die Differenz zwischen der Meßimpedanz (R,X) und der Vergleichsimpedanz (R_V, X_V) innerhalb einer vorgegebenen Größe hält.

20

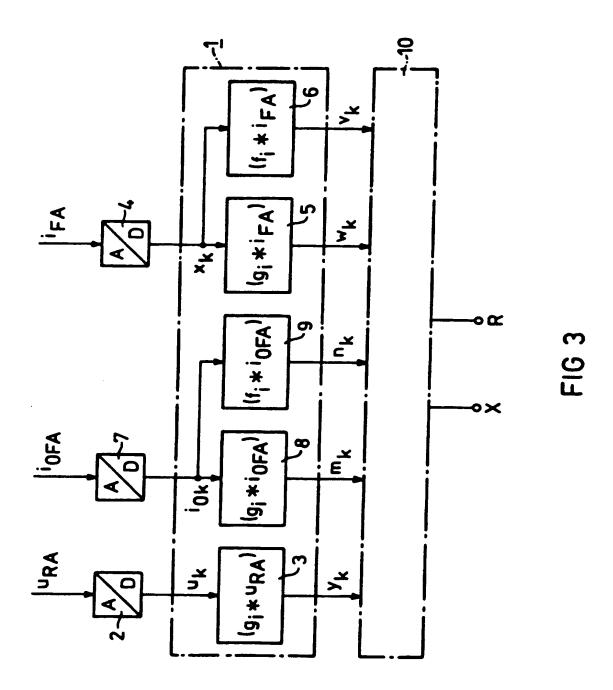
15

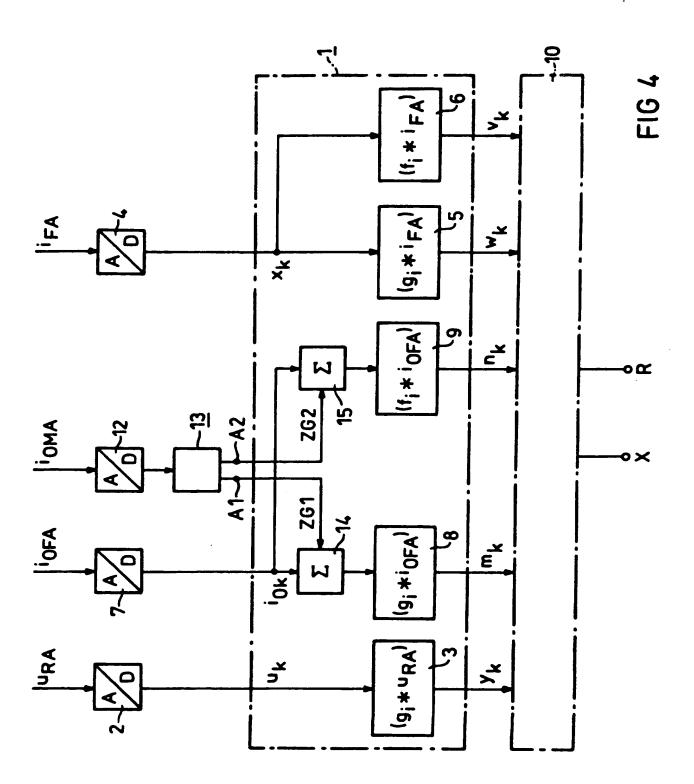
P.

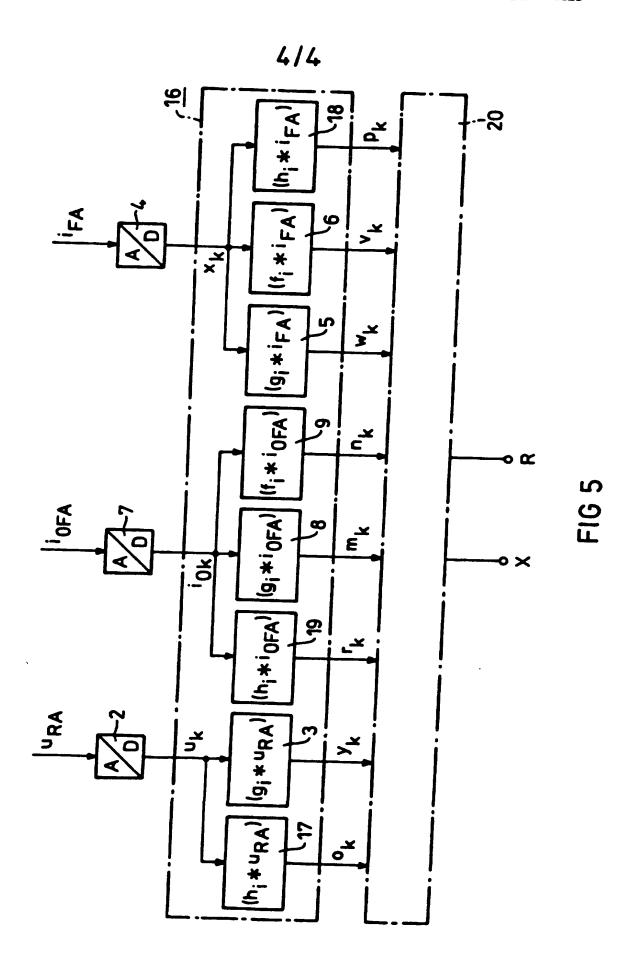




2/4







BNSDOCID: <WO___9632652A1_I_>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT Int ional Application No

		[PCT/DE 96/006	28
A. CLASSIF	FICATION OF SUBJECT MATTER G01R31/08			
				:
	International Patent Classification (IPC) or to both national classi-	fication and IPC		
B. FIELDS	SEARCHED	on symbols)		
IPC 6				
Documentati	on searched other than minimum documentation to the extent that	such documents are the	luded in the fields searched	
Electronic d	lata base consulted during the international search (name of data ba	se and, where practical	, search terms used)	
C DOCUM	MENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category *	I where an arrange of the s	relevant passages		Relevant to claim No.
A	EP,A.0 106 790 (ASEA AB) 25 Apri cited in the application			1
A	see claim 1 GB,A,2 036 478 (TOKYO SHIBAURA D June 1980 cited in the application	ENKI) 25		1
A	see claim 1 DE.A.40 18 170 (SIEMENS AG) 5 De	ecember		1
	1991 see figure 1			
A	EP,A.0 284 546 (SIEMENS AKTIENGE BERLIN UND MUNCHEN) 28 September see figure 2	SELLSCHAFT 1988		1
Fu	urther documents are listed in the continuation of box C.	X Patent famil	y members are listed in an	nex.
.V. qoca	categories of cited documents: ment defining the general state of the art which is not addred to be of particular relevance	or priority date cited to underst invention	published after the internati and not in conflict with the and the principle or theory	underlying the
"E" earlie filing "L" docu	er document but published on or after the international g date ment which may throw doubts on priority claim(s) or the color of establish the publication date of another	Entrol the codes	reicular relevance; the claim dered novel or cannot be o new step when the docume reicular relevance; the claim dered to involve an invent	ent is taken alone and invention
O, qoon	bon or other special reason (as specines) ment referring to an oral disclosure, use, exhibition or ir means special right shed prior to the international filling date but	document is con ments, such con in the art.	dered to involve an inventor on more of mbination being obvious to ber of the same patent fami	a person skilled
later	r than the priority date claimed he actual completion of the international search		of the international search	
	29 July 1996		2 6. 08. 96	
Name an	od mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Ripswijk	Authorized offic		· :
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tr. 31 651 epo nl. Far: (+31-70) 340-3016	Hoorn	aert, W	

Form PCT/ISA/219 (recond short) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int Ional Application No PCT/DE 96/99628

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
EP-A-106790		SE-B-	433405	21-05-84	
		CA-A-	1212147	30-09-86	
		DE-A-	3377233	94-98-88	
		SE-A-	8205235	15-03-84	
		US-A-	4559491	17-12-85	
GB-A-2036478	25-06-80	JP-C-	1197195	21-03-84	
2000000	20 00 00	JP-A-	55059349	02-05-80	
		JP-B-	58029471	22-06-83	
		CH-A-	665735	31-05-88	
		SE-B-	44 0 151	15- 0 7-85	
		SE-A-	7908907	01-05-80	
		US-A-	4314199	02-02-82	
 DE-A-4018170	05-12-91	 AU-B-	7792291	21 12 01	
DE A 4010170	03-12-31	WO-A-		31-12-91	
		DE-D-	9119342	12-12-91	
			59105196	18-05-95	
	***********	EP-A-	0532521	24-03-93	
EP-A-284546	28 - 09-88	DE-A-	3709532	06-10-88	
		DE-A-	3873949	01-10-92	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Into consies Aktenzeichen
PCT/DE 96/00628

		PCT/DE 9	6/00628
	TOTAL DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
i PK 6	FIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G01R31/08		
	ernationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klass	ifikation und der IPK	
RECHE	RCHIERTE GEBIETE er Mindestyrüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)	
PK 6	GO1R		
2	te aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, sowe	nt chese unter che recherchierten Gebi	ete failen
(tens and			
Wähmed de	r internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Nan	ne der Datenbank und evil. verwende	te Suchbegriffe)
W 20 C.C.			
C ALC W	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategone*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe	der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Categorie	Determined of Vitalian Co.		
_	EP.A.0 106 790 (ASEA AB) 25.April	1984	1
A	in der Anmeldung erwähnt		
	siehe Anspruch 1		
		ו זעו	1
A	GB.A.2 036 478 (TOKYO SHIBAURA DEN	IKI j	
	25.Juni 1980 in der Anmeldung erwähnt		
	siehe Anspruch 1		
		•	1
A	DE.A,40 18 170 (SIEMENS AG) 5.Deze	ember	•
	1991		
	siehe Abbildung 1		
A	EP.A.O 284 546 (SIEMENS AKTIENGES	ELLSCHAFT	1
^	BERLIN UND MUNCHEN) 28. September	1988	
	siehe Abbildung 2		
	·		
	Edd C m	Y Siehe Anhang Patentfamilie	
	eitere Veröffendichungen and der Fortsetzung von Feld C zu mehmen		de internationales Approidedation
* Besonde	- Keteenman von Hiskardellen veroniensen	1" Spätere Veröffentlichung, die nach oder dem Prioritändatum veröffer Anmeldung nicht kollidiert, sonde	
	Mentichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, micht als besonders bedrutzsm anzuschen ist	Erfindung zugrundeliegenden Pro	22 ps oder der ihr zugrundeliegenden
E. Elter	es Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen	Theorie angegeben ist X' Veröffendichung von besonderer	Sedeutung die beanspruchte Erfindu
1 v.	Mendichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-	kann allein aufgrund dieser Veror	betrachtet werden
	inen zu lamen, oder durch die das Veröffentschungsdamm einer eren im Recherchenbericht genannten Veröffentschung belegt werden - oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie	Y" Veröffentlichung von besonderer kann nicht als auf erfinderischer ?	Bedeutung die beanspruchte erunsie Stigkeit berühend betrachtet
		werden, wenn die Verollendichun	te in Verbinding gebracht wird und
O. Act	persons offentichung, die sich auf eine mündliche Offenberung, offentichung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht : Benutzung, eine Ausstellung oder andere Anmeldedanum, aber nach	diese Vertandung für einen Facht & Veröffendichung, die Mitglied der	Hills transcriefere
'P' Verd	offentlichung, die vor dem internationalen. Desangruchten Prioritätsdetum veröffentlicht worden ist	Absendedatum des internationales	
Datum d	es Abschlusses der internationalen Recherche		
1		2 6.	08. 96
1	29.Juli 1996		
Name un	nd Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter	
1	Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Ripwijk	Hannanama Li	
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Hoornaert, W	
-			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur seiben Patentfamilie gehören

tnt ionales Aktenzeichen
PCT/DE 96/00628

Im Recherchenbericht ngeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung 25-04-84	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
EP-A-106790		SE-B- 433405		21-05-84	
		CA-A-	1212147	30-09-86	
		DE-A-	3377233	04-08-88	
		SE-A-	8205235	15-03-84	
		US-A-	4559491	17-12-85	
GB-A-2036478	25-06-80	JP-C-	1197195	21-03-84	
	-	JP-A-	55059349	02-05-80	
•		JP-B-	58029471	22-06-83	
		CH-A-	665735	31-05-88	
		SE-B-	440151	15-07-85	
		SE-A-	7908907	01-05-80	
		US-A-	4314199	02-02-82	
DE-A-4018170	05-12-91	AU-B-	7792291	31-12-91	
		WO-A-	9119342	12-12-91	
		DE-D-	59105196	18-05-95	
		EP-A-	0532521	24-03-93	
EP-A-284546	28-09-88	DE-A-	3709532	96-10-88	
		DE-A-	3873949	01-10-92	

BEST AVAILABLE COPY